

PEMBUATAN SENSOR GAS H₂S BERBASIS POLYANILINE FIELD EFFECT TRANSISTOR (PFETs) DENGAN METODE CASTING

T. Jasalesmana^{*1}, A. Nurlaela¹, N. Saridewi¹, F. Alatas¹, Akhiruddin²

¹Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jakarta, Indonesia

²Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor, Bogor Indonesia

*email: t.jasalesmana@gmail.com

ABSTRACT

H₂S gas sensor has been made based on Field Effect Transistors (FETs) with polyaniline (PANI) as the active layer of the sensor. PANI layer was grown on top of a dielectric material (SiO₂) with a casting method. Optical properties of the dielectric layer tested to see present layers as one constituent sensor. Sensor electrically tested to see the effect of terrain characteristics and sensitivity to H₂S gas. Drain current increases with increasing negative gate voltage. The interaction of sensor with the H₂S is indicated by the increasing drain current when increased concentrations of H₂S gas.

Keywords: Polyaniline, Sensor, FETs, H₂S.

ABSTRAK

Telah dibuat sensor gas H₂S berbasis Field Effect Transistors dengan polianilin (PANI) sebagai lapisan aktif sensor. Lapisan PANI ditumbuhkan di atas bahan dielektrik (SiO₂) dengan metode casting. Lapisan dielektrik diuji sifat optiknya untuk melihat keberadaan lapisan tersebut sebagai salah satu penyusun sensor. Sensor diuji secara elektrik untuk melihat karakteristik efek medan dan sensitivitasnya terhadap gas H₂S. Arus drain semakin meningkat dengan meningkatnya tegangan gate negatif. Interaksi sensor dengan H₂S ditunjukkan dengan semakin meningkatnya arus drain ketika konsentrasi gas H₂S ditingkatkan.

Kata kunci: Polianilin, Sensor, FETs, gas H₂S.

PENDAHULUAN

Pengukuran dengan menggunakan konsep interaksi antara ion dengan divais padat telah dilakukan sejak tahun 1970 oleh Piet Bergveld. Penelitian terus berlanjut dengan dikembangkannya *field effect transistors* (FETs) yang sensitif terhadap ion untuk aplikasi biosensor dan aplikasi lain yang berkaitan dengan pengukuran. Terdapat beberapa keuntungan dari divais berbasis FETs yaitu memiliki respon yang cepat, sensitivitas tinggi, kemampuan proses yang banyak, ukuran divais kecil, struktur divais padat,

memungkinkan diintegrasikan dengan output signal processing dan mudah dimodifikasi untuk mendeteksi bahan-bahan biokimia.¹

Berdasarkan lapisan aktif yang digunakan pada sensor, sensor berbasis FETs dibagi menjadi dua jenis, yaitu inorganik FETs (IFETs) dan organik FETs (OFETs). Sensor berbasis inorganik FETs menggunakan lapisan aktif yang terbuat dari bahan inorganik, seperti paladium (Pd), TiO_2 , ZnO , SnO_2 dan NiO_2 .^{2,3} Sedangkan sensor berbasis organik FETs menggunakan lapisan aktif yang terbuat dari polimer organik seperti polianilin (PANI), Polypirrole (PPy), polythiophene (PTh) dan turunannya.^{4,5}

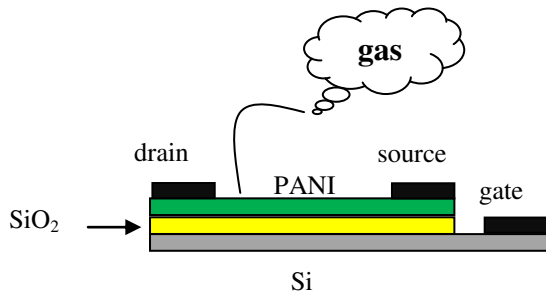
Terdapat beberapa keunggulan yang dimiliki oleh OFETs dibandingkan IFETs yaitu, pertama OFETs beroperasi pada suhu ruang, sedangkan IFETs bekerja pada suhu tinggi.^{3,6} Kedua, energi yang dibutuhkan untuk membuat OFETs lebih rendah dibandingkan dengan IFETs, karena proses pembuatan OFETs lebih sederhana. Sensor berbasis OFETs banyak dimanfaatkan untuk detektor gas. Tersebarunya gas-gas berbahaya di alam mendorong para peneliti mengembangkan divais ini sebagai sensor gas yang sensitif dan bisa beroperasi pada suhu ruang. Seperti yang pernah dilaporkan sebelumnya, OFETs sangat potensial untuk mendeteksi gas amonia, uap toluena, dan uap butylamine.^{7,8}

PANI merupakan polimer organik bersifat konduktif yang banyak digunakan sebagai lapisan aktif sensor. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa polimer konduktif PANI yang didoping dengan emas dan carbon nanotube (CNT) mampu mendeteksi gas amonia pada rentang konsentrasi dari 200 ppb – 10 ppm.^{9,10} PANI merupakan polimer organik yang memiliki sensitivitas tinggi. Melalui modifikasi struktur dengan membentuk serat PANI, pendeteksian gas amonia bisa mencapai 1 ppm.⁷ Aplikasi lain dari PANI adalah untuk *electromagnetic* shielding,¹¹ pelapisan anti korosi,¹² mudah untuk disintesis, beroperasi di suhu ruang dan relatif stabil di lingkungan.^{13,14} Penelitian ini dilakukan untuk melihat respon PANI terhadap gas H_2S dengan membuat sensor gas berbasis FETs dengan metode *casting*.

EKSPERIMENTAL

Struktur sensor berbasis PFETs terdiri dari beberapa lapisan, diantaranya lapisan elektroda gate (Si-p), lapisan insulator (SiO_2), lapisan aktif (PANI) dan lapisan elektroda *source* dan *drain*. Lapisan insulator ditumbuhkan dengan memanaskan Si-p di dalam *furnace* pada suhu 1000°C selama 2 jam dalam suasana oksigen murni. Elektroda gate di atas Si-p dibentuk dengan cara menghilangkan SiO_2 menggunakan larutan piranha.

Polianilin dibuat dengan metode polimerisasi anilin. Sebanyak 0,5 ml anilin dilarutkan di dalam 50 ml akuades. Pada gelas yang berbeda, sebanyak 0,5 gram ammoniumperoxodisulfat dilarutkan di dalam 5 ml HCl 3%. Larutan ammoniumperoxodisulfat dicampur dengan anilin dan putar selama 5 jam dan dibiarkan selama 48 jam. Endapan PANI kemudian dicuci dengan akuades dan acetone. Endapan PANI disaring dengan kertas Whatmann. Endapan PANI dilapiskan di atas SiO_2 , kemudian dikeringkan.

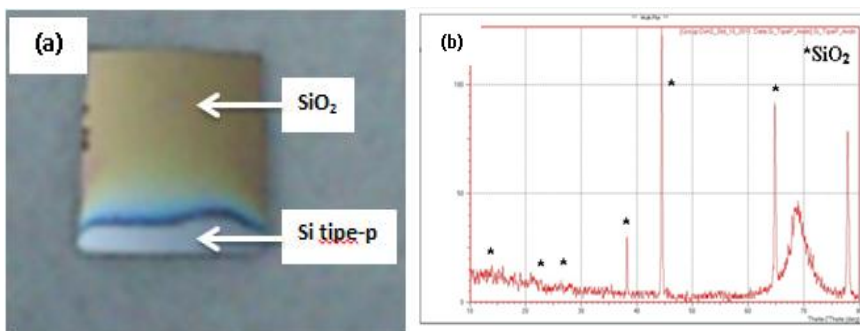


Gambar 1 Struktur divais sensor gas berbasis PFETs.

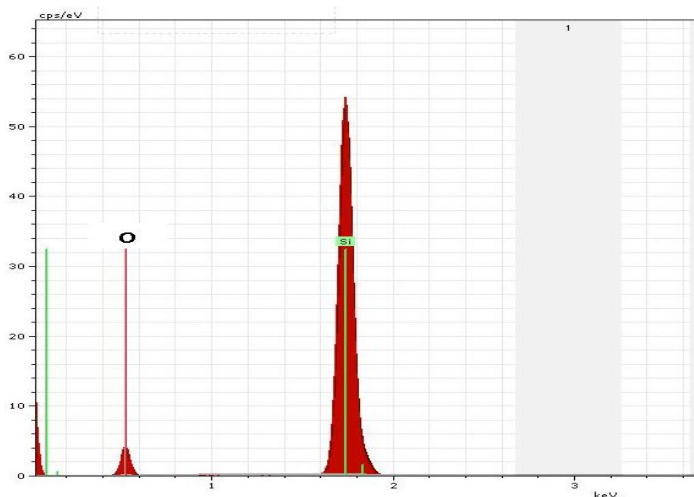
Gambar 1 menunjukkan struktur divais sensor berbasis PFETs. Lapisan elektroda *source* dan *drain* dipasang dengan menguapkan Al ke atas lapisan PANI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan-bahan yang digunakan diantaranya silikon tipe-p, gas oksigen, anilin (Merck no.cat. 101261), $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (Merck no.cat. 101201) dan H_2SO_4 . Lapisan insulator SiO_2 telah berhasil ditumbuhkan di atas Si-p dengan pemanasan 1000°C dalam suasana oksigen murni. Gambar 2 (a) dan (b) masing-masing menunjukkan lapisan SiO_2 berwarna kuning keemasan dan pola XRD film SiO_2 . Warna kuning keemasan pada silikon menunjukkan bahwa silikon telah teroksidasi menjadi SiO_2 . Berdasarkan Gambar 2 (b) dapat dilihat bahwa hamburan terjadi pada $2\theta = 11,12^\circ$, 23° , 26° , $30,20^\circ$, 37° , 39° , $44,28^\circ$, dan 65° . Tidak semua puncak di 2θ memiliki intensitas yang sama, terlihat bahwa di $2\theta = 11,12^\circ$, 23° , 26° , $30,20^\circ$ memiliki intensitas difraksi sangat rendah. Sedangkan intensitas difraksi di sekitar 39° , $44,28^\circ$ dan 65° sangat tinggi. Hal ini membuktikan bahwa telah terbentuk film SiO_2 yang ditumbuhkan dengan metode termal dengan sebagian SiO_2 berbentuk amorf. Kehadiran film SiO_2 juga dapat dilihat dengan menggunakan analisis EDAX. Gambar 3 menunjukkan terdapat kandungan atom oksigen sebesar 34,94 % dan atom silikon 65,06 %.

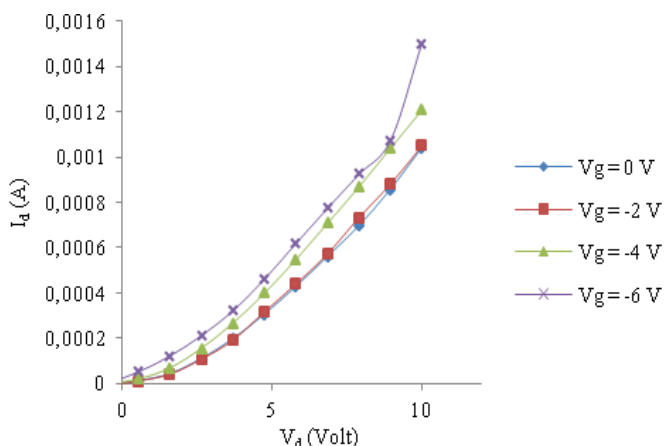


Gambar 2 (a) Film tipis SiO_2 , (b) Pola difraksi sinar-X SiO_2 .



Gambar 3 Kandungan atom oksigen di SiO_2 dengan anilis EDAX.

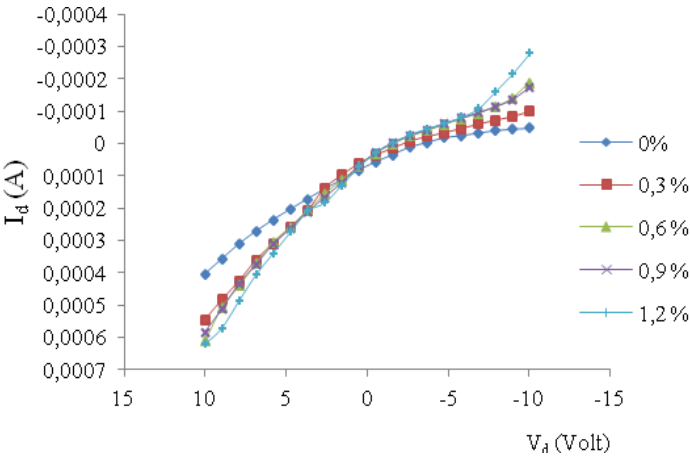
Karakterisasi listrik sensor berbasis PFETs menggunakan Keitley 2400. Variasi tegangan diberikan terhadap elektroda *drain* dan diperoleh arus listrik semakin meningkat dengan menaikkan tegangan. Ketika tegangan terhadap elektroda *gate* ditingkatkan, arus listrik semakin meningkat pada tegangan drain yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan *gate* negatif akan meningkatkan muatan pembawa pada PANI, sehingga meningkatkan arus. Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa menaikkan arus listrik memiliki karakter yang hampir mirip dengan karakteristik arus pada dioda. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan yang cukup jauh antara fungsi kerja elektroda *drain* dan *source* dengan fungsi kerja PANI. Perbedaan fungsi kerja yang cukup besar ini menyebabkan elektrodan terhadap PANI membentuk kontak non-ohmik atau terbentuk persambungan (*junction*) antara elektroda dan PANI.



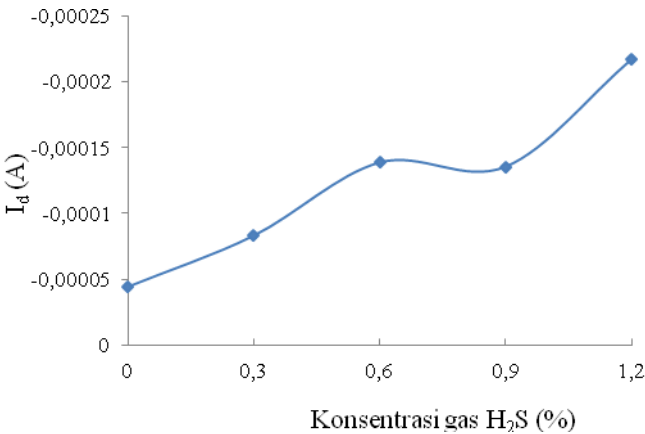
Gambar 4 Kurva I-V sensor PFETs.

Karakteristik dari sebuah transistor adalah adanya daerah linier dan saturasi pada kurva I_d - V_d . Berdasarkan Gambar 4 tidak ditemukan arus mengalami saturasi. Hal ini dapat disebabkan oleh tegangan threshold (V_T) transistor yang terlalu besar atau belum sampai pada tegangan *drain* dan *gate* yang akan membuat jalur konduksi antara drain dan source mengalami deplesi. Sedangkan kecenderungan daerah linier yang hampir mirip dengan karakteristik arus pada dioda telah dijelaskan sebelumnya.

Pengaruh konsentrasi gas H_2S terhadap arus *drain* pada sensor PFETs dapat dilihat pada Gambar 5. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan sensor di dalam wadah tertutup. Tegangan diberikan pada elektroda *drain* dari -10 sampai 10 V dengan tegangan *gate* terbuka. Arus diukur secara simultan saat gas dimasukkan ke dalam wadah.



Gambar 5 Pengaruh konsentrasi H_2S terhadap sensor PFETs.



Gambar 6 Pengaruh gas H_2S terhadap arus drain ($V_d = 8,9$ Volt).

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa arus drain semakin meningkat dengan penambahan konsentrasi gas H_2S terhadap sensor. Semakin meningkatnya arus disebabkan tingkat doping material aktif polianilin akan meningkat pada saat berinteraksi dengan gas H_2S . Kenaikkan arus drain terhadap konsentrasi gas H_2S terlihat jelas pada Gambar 6. Kenaikkan arus drain yang signifikan terjadi pada saat gas yang diberikan sampai konsentrasi 0,6%. Daerah kurva antara konsentrasi 0,6 – 1,2% tidak menunjukkan karakter sensor yang baik, sehingga untuk aplikasi yang lebih lanjut daerah kerja sensor ini diantara 0 – 0,6% dengan sensitivitas sebesar 0,016%.

SIMPULAN

Film SiO_2 terdeteksi pada pola XRD di 2θ sebesar $11,12^\circ$, 23° , 26° , $30,20^\circ$, 39° , $44,28^\circ$ dan 65° . Kehadiran film SiO_2 di atas silikon diperkuat dengan terdapatnya kandungan atom oksigen sebesar 34,94 % dan atom silikon 65,06 % pada film SiO_2 . Arus drain semakin membesar dengan kenaikan konsentrasi gas H_2S . Sensor bekerja baik pada daerah konsentrasi gas 0 – 0,6% dengan sensitivitas sebesar 0,6%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada DIKTIS KEMENAG.

DAFTAR PUSTAKA

1. Giuseppe Scarpa, Anna-Lena Idzko, Anandi Yadav, Stefan Thalhammer. rganic ISFET Based on Poly (3-hexylthiophene). *Sensors* 2010, 10, 2262-2273; doi:10.3390/s100302262
2. Eisele I, T Doll, dan M. Bugmair. Low Power Gas Detection with FET Sensor. *Sensor and Actuator B* 78 (2001) 19 – 25.
3. Buso D, et al. Gold Nanoparticle-Doped TiO_2 Semiconductor Thin Films: Gas Sensing Properties. *Advanced Functional Materials*, (2008) 18, 23.
4. Bai, H Gaoquan Shi. Gas Sensors Based on Conducting Polymers. *Sensors* 2007, 7, 267-307.
5. Janata, J Mira Josowicz. Conducting Polymer in Electronic Chemical Sensor. *Nature Materials*. Januari 2003. Vol 2
6. M C Pereira, M J Martins, O Bonnaud. Thin Film Transistors Gas Sensors: Materials, Manufacturing Technologies and Test Results. *ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING*. 2009. No. 1(89). ISSN 1392 – 1215.
7. Dajing Chen, Sheng Lei Yuquan Chen. A Single Polyaniline Nanofiber Field Effect Transistor and Its Gas Sensing Mechanisms. *Sensors* 2011, 11, 6509-6516; doi:10.3390/s110706509.

8. Frank Jason Liao. Polythiophene Transistors as Gas Sensors for Electronic Nose Applications. Technical Report No.UCB/EECS-2009-174.
9. Shuizhu Wu, Fang Zeng, Fengxian Li, Yinlan Zhu. Ammonia sensitivity of polyaniline films via emulsion polymerization. *European Polymer Journal* 36 (2000) 679-683.
10. Mahendra D. Shirsat, Mangesh A. Bangar, Marc A. Deshusses, Nosang V. Myung, and Ashok Mulchandani. Polyaniline nanowires-gold nanoparticles hybrid network based chemiresistive hydrogen sulfide sensor. 2009. *Applied Physics Letters* 94, 083502.
11. Joo J, Epstein A. Electromagnetic radiation shielding by intrinsically conducting polymers. *Appl. Phys. Lett.* 1994, 65, 2278-2280.
12. Brusic V, Angelopoulos M, Graham T. Use of polyaniline and its derivatives in corrosion protection of copper and silver. *J. Electrochem. Soc.* 1997, 144, 436-442.
13. Huang J, Kaner R B. The intrinsic nanofibrillar morphology of polyaniline. *Chem. Commun.* 2005, 4, 367-376.
14. Liao Y Z, Zhang C, Zhang Y, Strong. V, Tang. J S, Li X G, Kalantar-Zadeh K, Hoek E M V, Wang K L, Kaner, R.B, Carbon nanotube/polyaniline composite nanofibers: Facile synthesis and chemosensors. *Nano Lett.* 2011, 11, 954-959.